



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

TESIS

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

Plan de mantenimiento preventivo basado en la metodología (RCM) para incrementar la disponibilidad de la flota de maquinaria pesada de la municipalidad distrital de Kañaris

Autor:

Bach. Bernilla De la Cruz, Jubert Antonio

Asesor:

M.Sc. Villalobos Cabrera, Jony

LAMBAYEQUE – PERÚ

2026



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

TESIS

Para Optar el Título Profesional de:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

Plan de mantenimiento preventivo basado en la metodología (RCM) para incrementar la disponibilidad de la flota de maquinaria pesada de la municipalidad distrital de Kañaris

Autor:

Bach. Bernilla De la Cruz, Jubert Antonio

Aprobado por el Jurado Examinador

PRESIDENTE : Dr. Ing. Daniel Carranza Montenegro
SECRETARIO : Dr. Ing. James Skinner Celada Padilla
MIEMBRO : M.Sc. Ing. Robinson Tapia Asenjo
ASESOR : M.Sc. Ing. Jony Villalobos Cabrera

LAMBAYEQUE – PERÚ
2026



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

TESIS

TITULO:

**Plan de mantenimiento preventivo basado
en la metodología (RCM) para incrementar
la disponibilidad de la flota de maquinaria
pesada de la municipalidad distrital de
Kañaris**

CONTENIDOS

CAPITULO I	: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.
CAPITULO II	: MARCO TEÓRICO.
CAPITULO III	: MARCO METODOLÓGICO.
CAPITULO IV	: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.
CAPITULO V	: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Autor:

Bach. Bernilla De la Cruz, Jubert Antonio

Dr. Daniel Carranza Montenegro
PRESIDENTE

Dr. James S. Celada Padilla
SECRETARIO

M.Sc. Robinson Tapia Asenjo
MIEMBRO

M. Sc. Jony Villalobos Cabrera
ASESOR

LAMBAYEQUE – PERÚ

2026



ACTA DE SUSTENTACION N°0149-2026-FIME



En la ciudad de Lambayeque, siendo las 11:00 a.m. del día martes 03 de marzo 2026. Se reunieron los miembros del jurado, designados mediante Resolución N°026-2026-D-FIME-UNPRG, de fecha 25 de febrero 2026, con la finalidad de Evaluar y Calificar la sustentación de la Tesis, conformado por los siguientes catedráticos:

- | | |
|---|-------------------|
| ▪ Dr. Ing. DANIEL CARRANZA MONTENEGRO | PRESIDENTE |
| ▪ Dr. Ing. JAMES SKINNER CELADA PADILLA | SECRETARIO |
| ▪ ING. ROBINSON TAPIA ASENJO | MIEMBRO |
| ▪ M.Sc. Ing. JONY VILLALOBOS CABRERA | ASESOR |

Se recibió la Tesis titulada:

“PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADO EN LA METODOLOGÍA (RCM) PARA INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD DE LA FLOTA DE MAQUINARIA PESADA DE LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE KAÑARIS”.


Presentada y sustentada por su autor, Bachiller: **BERNILLA DE LA CRUZ JUBERT ANTONIO**. Finalizada la sustentación de la Tesis, el sustentante respondió las preguntas y observaciones de los miembros del jurado examinador, quienes procedieron a deliberar y acordaron otorgar el calificativo de **APROBADO**, Nota (16) en la escala vigesimal, mención BUENO. Quedando el sustentante apto para obtener el Título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, de acuerdo a la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente, de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica y la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

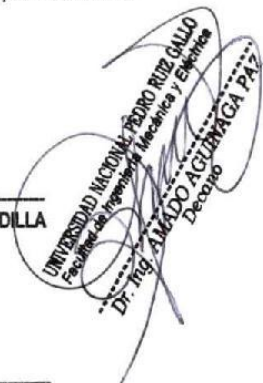
Siendo las 11:40 del mismo día se da por concluido el acto académico, firmando la presente acta el jurado respectivo:


 Dr. Ing. DANIEL CARRANZA MONTENEGRO
 PRESIDENTE


 Dr. Ing. JAMES SKINNER CELADA PADILLA
 SECRETARIO


 ING. ROBINSON TAPIA ASENJO
 MIEMBRO


 M.Sc. Ing. JONY VILLALOBOS CABRERA
 ASESOR



CONSTANCIA DE VERIFICACIÓN DE ORIGINALIDAD

Yo, **M.Sc. Ing. Jony Villalobos Cabrera**, usuario revisor del documento titulado: **“PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADO EN LA METODOLOGÍA (RCM) PARA INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD DE LA FLOTA DE MAQUINARIA PESADA DE LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE KAÑARIS”**.

Cuyo autor es, **Bernilla De la Cruz, Jubert Antonio**, identificado con documento de identidad **N° 73514213** declaro que la evaluación realizada por el Programa informático, ha arrojado un porcentaje de similitud de **17%**, verificable en el Resumen de Reporte automatizado de similitudes que se acompaña.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas dentro del porcentaje de similitud permitido no constituyen plagio y que el documento cumple con la integridad científica y con las normas para el uso de citas y referencias establecidas en los protocolos respectivos.

Se cumple con adjuntar el Recibo Digital a efectos de la trazabilidad respectiva del proceso.

Lambayeque 23 de marzo del 2026



.....
M.SC. ING. JONY VILLALOBOS CABRERA

DNI: 16699530

ASESOR

Se adjunta:

*Resumen del Reporte automático de similitudes


*Recibo Digital

Plan de mantenimiento preventivo basado en la metodología (RCM) para incrementar la disponibilidad de la flota de maquinaria pesada de la municipalidad distrital de Kañaris

INFORME DE ORIGINALIDAD

17%	16%	2%	9%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unprg.edu.pe Fuente de Internet		3%
2	Submitted to Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo Trabajo del estudiante		3%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet		3%
4	repositorio.unjbg.edu.pe Fuente de Internet	M. Sc. Ing. JONY VILLALOBOS CABRERA DNI 16699530 Docente Asociado Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo	2%
5	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante		1%
6	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet		1%
7	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet		1%




Recibo digital


Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Jubert Antonio Bernilla De La Cruz
Título del ejercicio: Quick Submit
Título de la entrega: Plan de mantenimiento preventivo basado en la metodología (...
Nombre del archivo: TESIS_FINAL_-_11.12.25.docx
Tamaño del archivo: 6.81M
Total páginas: 72
Total de palabras: 10,375
Total de caracteres: 60,827
Fecha de entrega: 27-dic-2025 12:58a. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega: 2851374537



**UNIVERSIDAD NACIONAL
PEDRO RUIZ GALLO**



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

TESIS
Para Optar el Título Profesional de:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

"Plan de mantenimiento preventivo basado en la metodología (RCM) para incrementar la disponibilidad de la flota de maquinaria pesada de la municipalidad distrital de Kañaris"


Autor:

Bach. Bernilla De la Cruz, Jubert Antonio

Asesor:

M.Sc. Villalobos Cabrera, Jony

LAMBAYEQUE – PERÚ
2025



M. Sc. Ing. JONY VILLALOBOS CABRERA
DNI 16698530
Docente Asociado
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica
Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo

DEDICATORIA

Esta tesis se lo dedico de manera especial a Dios, que ilumina y protege mis días; a mis padres **Lucia D y Nicolas B**, por darme la vida y todo el apoyo incondicional; a mis hermanos **Jhonatan, Robert y Stainless Rimba**, por acompañarme y apoyarme siempre; a mis amigos, con quienes compartimos muchas experiencias; a mi asesor **M. Sc Villalobos Cabrera Jony**, por su apoyo, consejos y recomendaciones incondicional para la realización de este trabajo; a la facultad, por la formación brindada.

A la municipalidad distrital de Kañaris, en especial a todo el personal de la Sub Gerencia de Mantenimiento y Equipo, por las facilidades y apoyo brindado para poder recopilar la información para la realización de mi proyecto.

Bach: Bernilla De la Cruz, Jubert Antonio

AGRADECIMIENTO

Dedico este proyecto a Dios, por brindarme la fortaleza, la salud y la perseverancia necesarias para culminar esta etapa de mi formación profesional; a mis padres, por su esfuerzo constante, su apoyo incondicional; a mis hermanos, por su compañía, aliento y confianza en cada paso de este camino.

Bach: Bernilla De la Cruz, Jubert Antonio

RESUMEN

La Municipalidad Distrital de Kañaris depende de su flota de maquinaria pesada para ejecutar servicios esenciales como la apertura y mantenimiento de vías, atención de emergencias, obras comunales y actividades de apoyo productivo. Sin embargo, en los últimos años la disponibilidad operativa de estos equipos se ha visto significativamente reducida debido a fallas recurrentes, intervenciones correctivas improvisadas y ausencia de una gestión sistemática del mantenimiento. En atención a ello el objetivo general de esta investigación es Diseñar un plan de mantenimiento preventivo basado en la metodología RCM para incrementar la disponibilidad de la flota de maquinaria pesada. Obteniendo las siguientes conclusiones: La maquinaria pesada de la Municipalidad de Kañaris, está conformada por el Tractor Oruga cuyo estado operativo es bueno y el Cargador Frontal cuyo estado operativo es regular, teniendo una disponibilidad promedio en los últimos 05 años de 76.7%. Los principales sistemas del Cargador Frontal son: Motor, Hidráulico, Transmisión, Frenos y Eléctrico. Las tareas dominantes en los sistemas son: motor es preventivo más predictivo, en el sistema hidráulico es predictivo, en el sistema de transmisión es preventivo más predictivo. El Plan de Mantenimiento anual se ha estructurado en mantenimiento diario, semanal, mensual, trimestral, semestral y anual. El impacto del plan RCM se da en indicadores de confiabilidad y mantenimiento, donde se logra una reducción de fallas en un 50%. En cuanto a los indicadores de Disponibilidad, se logra reducir a 92.5%.

Palabras claves: Plan de mantenimiento preventivo, metodología RCM, disponibilidad.

ABSTRACT

The District Municipality of Kañaris relies on its fleet of heavy machinery to carry out essential services such as road construction and maintenance, emergency response, community works, and productive support activities. However, in recent years, the operational availability of this equipment has been significantly reduced due to recurring failures, improvised corrective interventions, and the lack of systematic maintenance management. Therefore, the overall objective of this research is to design a preventive maintenance plan based on the Reliability-Centered Maintenance (RCM) methodology to increase the availability of the heavy machinery fleet. The following conclusions were reached: The heavy machinery of the Municipality of Kañaris consists of a crawler tractor, which is in good operational condition, and a front-end loader, which is in fair operational condition, with an average availability of 76.7% over the last five years. The main systems of the front-end loader are: engine, hydraulics, transmission, brakes, and electrical. The dominant maintenance tasks for these systems are: engine maintenance is primarily preventive and predictive; hydraulic maintenance is primarily predictive; and transmission maintenance is primarily preventive and predictive. The annual Maintenance Plan is structured into daily, weekly, monthly, quarterly, semi-annual, and annual maintenance intervals. The impact of the RCM plan is seen in reliability and maintenance indicators, where a 50% reduction in failures is achieved. Regarding availability indicators, a 92.5% reduction is achieved.

Keywords: Preventive maintenance plan, RCM methodology, availability.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	8
AGRADECIMIENTO.....	9
RESUMEN	10
ABSTRACT	11
ÍNDICE	12
ÍNDICE DE TABLAS	14
INTRODUCCIÓN	15
CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	17
1.1. Realidad Problemática	17
1.2. Formulación del Problema.....	21
1.3. Delimitación de la Investigación	21
1.4. Justificación e Importancia del estudio	21
1.5. Limitaciones de la Investigación	22
1.6. Objetivos de estudio	22
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	23
2.1. Antecedentes de Estudios.....	23
2.2. Desarrollo de la temática correspondiente al tema desarrollado	32
CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO	37
3.1. Tipo y diseño de investigación	37
3.2. Población y muestra	37
3.3. Hipótesis.....	38
3.4. Variables - Operacionalización	38
3.5. Métodos y Técnicas de investigación	41
3.6. Descripción de los instrumentos utilizados.....	41
3.7. Análisis Estadístico e interpretación de los datos.....	42
CAPITULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	44
4.1. Diagnóstico del nivel actual de disponibilidad y estado operativo de la flota de maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital de Kañaris	44
4.2. Identificación de las funciones, fallas, modos de falla y sus causas en los equipos críticos mediante la metodología RCM.	45
4.3. Determinación de las tareas óptimas de mantenimiento preventivo para cada equipo crítico, basadas en el análisis de criticidad y modos de falla	50
4.4. Elaboración del plan de mantenimiento preventivo estructurado	

(frecuencias, actividades, recursos y responsables) bajo la metodología RCM	54
4.5. Presupuesto y el impacto del plan RCM en los indicadores técnicos.....	57
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	60
5.1. Conclusiones.....	60
5.2. Recomendaciones.....	61
REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍAS.....	62
ANEXOS	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Operacionalización de variables.....	39
Tabla 2: Maquinaria Pesada de la Municipalidad Distrital de Kañaris	44
Tabla 3: Disponibilidad del Cargador Frontal en los últimos años.....	45
Tabla 4: Resumen tipo matriz RCM	50
Tabla 5: Tareas para el Sistema Motor Diésel	51
Tabla 6: Tareas para el Sistema Hidráulico	51
Tabla 7: Tareas para el Sistema de Transmisión	52
Tabla 8: Tareas para el Sistema de Frenos (Seguridad).....	52
Tabla 9: Tareas para el Sistema Eléctrico y Arranque	52
Tabla 10: Tareas para el Sistema de Dirección y Rodaje	53
Tabla 11: Relación de casos donde aplica REDISEÑO	53
Tabla 12: Resumen para matriz RCM	54
Tabla 13: Mantenimiento Diario.....	54
Tabla 14: Mantenimiento Semanal (cada 40–50 h).....	55
Tabla 15: Mantenimiento Mensual (cada 200–250 h)	55
Tabla 16: Mantenimiento Trimestral (cada 500 h).....	55
Tabla 17: Mantenimiento Semestral (cada 1 000 h).....	56
Tabla 18: Mantenimiento Anual (cada 1 800–2 000 h).....	56
Tabla 19: Acciones de Rediseño (cuando aplique)	56
Tabla 20: Resumen del Programa RCM	57
Tabla 21: Presupuesto del Plan RCM – Año 1 (S/.)	57
Tabla 22: Indicadores de Confiabilidad y Mantenimiento	58
Tabla 23: Indicadores de Disponibilidad.....	58
Tabla 24: Indicadores de Mantenimiento	58
Tabla 25: Indicadores Económicos	59
Tabla 26: Impacto Operativo Global.....	59

INTRODUCCIÓN

La municipalidad distrital de Kañaris enfrenta desafíos significativos en la gestión de mantenimiento de su flota de equipos pesados, fundamentales para realizar trabajos de movimiento de tierra, mantenimiento de trochas y carreteras.

El distrito de Kañaris, ubicado en una zona altoandina de la región Lambayeque, se caracteriza por un clima impredecible que desencadena frecuentes derrumbes en sus trochas carrozables, aislando a los pobladores y obstaculizando su acceso a los distintos caseríos. La baja disponibilidad de la flota de maquinaria pesada de la municipalidad distrital de Kañaris, lo que origina que la Municipalidad no pueda cumplir con sus cronogramas en las obras que se programa. Esta problemática no solo afecta la calidad de vida de los pobladores, sino que también genera un impacto negativo en la economía local y la seguridad de la comunidad.

En el primer capítulo de este importante documento, se realiza una exhaustiva y minuciosa discusión sobre el problema específico que es necesario abordar. En este contexto particular, el tema de interés es incrementar la disponibilidad de la flota de maquinaria pesada de la municipalidad distrital de Kañaris. Como resultado de este proceso, se procede a la elaboración del objetivo general, al mismo tiempo que se establece una serie de objetivos específicos que funcionarán como pautas o guías esenciales para lograr de manera efectiva el objetivo principal planteado.

En el segundo capítulo de este estudio, se presentan de manera detallada los antecedentes que incluyen una variedad de investigaciones realizadas anteriormente respecto al tema en cuestión. Estos antecedentes no sólo aportan un contexto valioso, sino que también brindan un sólido respaldo y fundamentan adecuadamente la alternativa de solución que se sugiere en este trabajo de

tesis. De manera similar, se presenta de forma minuciosa y exhaustiva la teoría que está íntimamente relacionada con el tema principal que se está investigando en el transcurso de este estudio.

El tercer capítulo ofrece una explicación minuciosa y exhaustiva que aborda el proceso específico a través del cual se llevará a cabo la recolección y gestión de la información. Asimismo, este capítulo también se dedica a describir en profundidad las distintas herramientas y recursos que se emplearán para facilitar y realizar de manera efectiva esta importante tarea.

En el cuarto capítulo, se presenta de manera exhaustiva y pormenorizada una serie de resultados que han sido alcanzados hasta este momento en el desarrollo del proyecto. Además, se aborda de forma minuciosa la elección y la selección de los diversos equipos que son imprescindibles para llevar a cabo dicho proyecto. Adicionalmente, se lleva a cabo un análisis detallado del costo relacionado con el sistema que ha sido diseñado y planificado, así como una evaluación minuciosa de los indicadores financieros que son relevantes y que facilitan la medición del desempeño económico de dicho sistema.

En el quinto capítulo del documento, se expone de forma minuciosa y exhaustiva tanto los resultados finales obtenidos como las recomendaciones relevantes que se derivan de esos hallazgos.

CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Realidad Problemática

Una mayor disponibilidad reduce tiempos muertos de equipos en obras, rutas y servicios municipales (recolección, mantenimiento de vías, limpieza, obras civiles), lo que permite cumplir cronogramas y evitar retrasos en proyectos públicos. Estudios de caso en municipalidades muestran que la implementación de planes de mantenimiento preventivo y de gestión del mantenimiento aumenta significativamente la disponibilidad y la eficiencia operativa de la flota. (Gutierrez Carranza, 2021). Incrementar la disponibilidad mediante mantenimiento planificado disminuye costos por reparaciones mayores, contratación de equipos externos (arriendo) y penalidades por incumplimiento de obras. Varias tesis que diseñaron planes de mantenimiento reportan reducción de costos operativos y mejor uso del presupuesto municipal al evitar fallas recurrentes y reparaciones urgentes. (Aranibar Ccahuana, 2024). Una flota disponible permite brindar servicios continuos (limpieza, atención a emergencias, reparación de vías) y reaccionar a contingencias climáticas o accidentes. La mayor disponibilidad se traduce en tiempos de respuesta menores y mayor satisfacción ciudadana, aspectos frecuentemente señalados en investigaciones aplicadas sobre flotas municipales (Huaman Parra, 2023).

La Problemática de incrementar la disponibilidad de la flota de maquinaria pesada en una municipalidad a nivel mundial, Una de las causas más reportadas en investigaciones es que las municipalidades suelen operar con un mantenimiento reactivo en lugar de preventivo o predictivo, lo que genera paradas imprevistas, fallas frecuentes y baja disponibilidad de maquinaria. Esto se evidencia en estudios

donde se identifican fallas por falta de planes estructurados de mantenimiento, ausencia de indicadores de gestión y software especializado para controlar órdenes de trabajo, lo que impacta directamente en la disponibilidad de los equipos (Gutierrez Carranza, 2021). A nivel mundial, las municipalidades enfrentan dificultades para contratar o retener personal especializado en mantenimiento mecánico y gestión de flotas, lo que limita la capacidad de realizar mantenimientos programados efectivos y prolonga los tiempos de inactividad de las unidades.

Esto coincide con reportes generales sobre gestión de flotas que señalan la falta de técnicos capacitados como una barrera para aplicar mantenimiento preventivo o predictivo, un elemento clave para elevar la disponibilidad. (Huaman Parra, 2023).

Las municipalidades suelen operar con presupuestos limitados para la adquisición de repuestos, herramientas o software de gestión, lo que reduce la frecuencia del mantenimiento preventivo y obliga a priorizar gastos operativos inmediatos sobre inversiones que a mediano plazo elevarían la disponibilidad y reducirían costos totales. Este problema se refleja en diagnósticos académicos, donde la inversión en mantenimiento se ve como un obstáculo económico que afecta la disponibilidad y prolonga fallas. (Gutierrez Carranza, 2021).

A nivel de la problemática de incrementar la disponibilidad de la flota de maquinaria pesada en municipalidades del Perú, Muchas municipalidades peruanas aplican mayoritariamente mantenimiento correctivo por falta de planificación, lo que genera paradas no previstas y baja disponibilidad de equipos. Tesis que investigan casos distritales y provinciales muestran que la ausencia de planes de mantenimiento estructurados y órdenes de trabajo es una causa recurrente de indisponibilidad. Los recursos municipales suelen destinarse a gastos operativos visibles y urgentes,

postergando inversiones en repuestos, herramientas, capacitación y renovación de flota. Esta restricción presupuestal hace difícil sostener programas preventivos que, a la larga, mejorarían la disponibilidad y reducirían costos. Varias tesis peruanas lo señalan como un obstáculo sistemático. (Zubieta Anastacio, 2022)

La Municipalidad Distrital de Kañaris depende de su flota de maquinaria pesada — compuesta por cargadores frontales, motoniveladoras, volquetes y retroexcavadoras— para ejecutar servicios esenciales como la apertura y mantenimiento de vías, atención de emergencias, obras comunales y actividades de apoyo productivo. Sin embargo, en los últimos años la disponibilidad operativa de estos equipos se ha visto significativamente reducida debido a fallas recurrentes, intervenciones correctivas improvisadas y ausencia de una gestión sistemática del mantenimiento. Esta problemática genera retrasos en la programación de obras, incremento de los costos operativos y limitaciones para atender oportunamente las necesidades de la población rural.

Diversas tesis peruanas han identificado que la baja disponibilidad de maquinaria municipal es consecuencia de la prevalencia del mantenimiento reactivo, la falta de planes preventivos y la inexistencia de indicadores técnicos para la toma de decisiones. Por ejemplo, Gutiérrez (2021) evidenció que la ausencia de un programa preventivo estructurado ocasiona fallas repetitivas y tiempos prolongados de inactividad en equipos municipales, reduciendo su disponibilidad mecánica. Asimismo, Mamani (2024) encontró que la carencia de una metodología formal como RCM limita la identificación de funciones, modos de falla y tareas óptimas de mantenimiento, lo que impide asegurar la confiabilidad de la flota. Del Posso (2024)

reportó que la falta de registros, de análisis de criticidad y de asignación eficiente de recursos provoca que los periodos de reparación se extiendan innecesariamente, afectando el cumplimiento de actividades programadas.

En el caso específico de la Municipalidad Distrital de Kañaris, los mantenimientos se realizan, en su mayoría, bajo un esquema correctivo ante la ocurrencia de fallas, sin una planificación preventiva y sin considerar la jerarquización de equipos críticos. Esta forma de gestión provoca paradas imprevistas, incrementa los costos por reparaciones mayores y reduce la vida útil de las unidades. Además, la inexistencia de indicadores como MTBF, MTTR y porcentaje de disponibilidad dificulta evaluar el desempeño de la flota y justificar la asignación presupuestal para mejoras. La problemática se agrava debido a los retrasos logísticos en la adquisición de repuestos y la limitada capacitación técnica del personal operativo.

Este problema tiene su causa, pues en la Municipalidad distrital de Kañaris, no se cuenta con un Plan de Mantenimiento Preventivo que permita que la maquinaria pesada pueda trabajar sin ningún inconveniente.

De no solucionar este problema la Municipalidad no podrá cumplir con sus cronogramas de trabajo establecidos, incurriendo en gastos inapropiados e inútiles.

En la presente investigación se abordarán las siguientes variables:

Variable Dependiente: *Plan de mantenimiento preventivo basado en la metodología RCM.*

Variable Dependiente: *Disponibilidad de la flota de maquinaria pesada*

1.2. Formulación del Problema

¿Cómo influye un plan de mantenimiento preventivo basado en la metodología RCM en la disponibilidad de la flota de maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital de Kañaris?

1.3. Delimitación de la Investigación

1.3.1. Delimitación espacial

Se realizará en la municipalidad de Kañaris, ubicada en el distrito de Kañaris, provincia de Ferreñafe.

1.4. Justificación e Importancia del estudio

1.4.1. Justificación tecnológica:

En el contexto de la investigación que estamos llevando a cabo en este momento, se llevará a cabo la aplicación de diversos conceptos teóricos y tecnologías innovadoras que están relacionadas de manera directa con la elaboración del Plan de Mantenimiento preventivo.

1.4.2. Justificación ambiental

El contar con un Plan de Mantenimiento Preventivo basado en la metodología (RCM), permitirá que la maquinaria pesada trabaje correctamente y de esta manera los gases de efecto invernadero no van a ser emitidos por la maquinaria pesada.

1.4.3. Justificación económica

La Justificación económica está en que al contar la municipalidad con un Plan de Mantenimiento Preventivo basado en la metodología RCM, hará que se eviten las paradas imprevistas, originando gastos inútiles a la Municipalidad.

1.5. Limitaciones de la Investigación

Las restricciones y dificultades que se enfrentaron al momento de llevar a cabo la presente investigación estuvieron relacionadas principalmente con la información de la maquinaria pesada de la Municipalidad.

1.6. Objetivos de estudio

1.6.1. Objetivo General

Diseñar un plan de mantenimiento preventivo basado en la metodología RCM para incrementar la disponibilidad de la flota de maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital de Kañaris.

1.6.2. Objetivo Específicos

- Diagnosticar el nivel actual de disponibilidad y estado operativo de la flota de maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital de Kañaris.
- Identificar las funciones, fallas, modos de falla y sus causas en los equipos críticos mediante la metodología RCM.
- Determinar las tareas óptimas de mantenimiento preventivo para cada equipo crítico, basadas en el análisis de criticidad y modos de falla.
- Elaborar el plan de mantenimiento preventivo estructurado (frecuencias, actividades, recursos y responsables) bajo la metodología RCM.
- Elaborar el Presupuesto y el impacto del plan RCM en los indicadores técnicos.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de Estudios

2.1.1. A nivel Internacional

A nivel internacional

En Ecuador, Chávez Merino, (2022), en su trabajo de investigación denominado “Desarrollo del plan de mantenimiento preventivo basado en RCM para maquinaria pesada”, esta tesis elabora un plan de mantenimiento preventivo aplicando la metodología RCM para la flota de maquinaria pesada de una empresa constructora, con el fin de reducir paradas no programadas y garantizar la disponibilidad operativa de los equipos. La investigación demuestra que al registrar y analizar fallas comunes se pueden definir actividades óptimas que disminuyen las interrupciones imprevistas y mantienen la disponibilidad de la maquinaria. (Chávez Merino, 2022)

En Ecuador, Medina Barrera, (2023), en la Tesis titulada: “Plan de mantenimiento preventivo para maquinaria municipal — Ecuador”, Esta tesis plantea un plan de mantenimiento preventivo para la flota de maquinaria y vehículos de una municipalidad ecuatoriana, con el objetivo de mejorar la disponibilidad y reducir fallas en la operación. A través del diagnóstico del estado actual de los equipos y una propuesta de mantenimiento sistemático, se busca disminuir las fallas no planificadas y asegurar la continuidad de los servicios municipales. (Medina Barrera, 2023)

2.1.2. A nivel nacional

En Tacna, Mamani Yapurasi, (2024), en su trabajo de investigación “Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad de la flota vehicular y maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital de Ite”. El propósito principal de este estudio de investigación fue analizar y determinar si la aplicación de la propuesta que se incluye en el Plan de Mantenimiento Preventivo tiene un impacto significativo en el nivel de disponibilidad de la flota de vehículos y la maquinaria pesada que pertenece a la municipalidad distrital de Ite. Con respecto a la metodología utilizada en este estudio, se determinó que el enfoque de investigación empleado fue de naturaleza aplicada. El enfoque utilizado para la investigación se caracterizó por ser de tipo explicativo, y la metodología empleada se basó en un diseño de investigación preexperimental que incluía la aplicación de pruebas tanto antes de la intervención como después de ella, es decir, un pre test y un post test. La muestra que se utilizó en este estudio estuvo compuesta por un conjunto de datos que incluían los registros correspondientes a las diversas unidades vehiculares. “El tipo de muestreo que se llevó a cabo en este estudio fue de naturaleza no probabilística, lo que implica que los participantes no fueron seleccionados al azar.” El dispositivo que se hizo uso para llevar a cabo esta tarea fue la ficha destinada a registrar datos de manera sistemática. Los hallazgos obtenidos de la investigación llevaron a la conclusión de que se puede observar una diferencia significativa en el nivel de eficiencia cuando se comparan los resultados antes y después de la puesta en marcha del Plan de Mantenimiento Preventivo. Este plan fue diseñado con el objetivo de mejorar la disponibilidad tanto de la flota vehicular como de la maquinaria pesada

perteneciente a la municipalidad distrital de Ite. En lo que se refiere al nivel de respeto por los estándares establecidos, esto se determina de acuerdo con la disponibilidad mecánica que se tiene en cuenta para garantizar el funcionamiento óptimo de la flota de vehículos y la maquinaria pesada. Es importante señalar que este enfoque se basa en un promedio de disponibilidad que alcanza el notable porcentaje del 93,5%. Según lo indicado en la tabla número 52, se ha recopilado un resumen detallado que refleja la disponibilidad de la flota de vehículos y de la maquinaria pesada antes de llevar a cabo la implementación del plan destinado al mantenimiento preventivo. Este resumen muestra que se registraron un total de 1,624 horas de inactividad, así como una cantidad de 316 incidentes de fallas. En lo que concierne a los resultados relacionados con la disponibilidad mecánica de la flota vehicular y de la maquinaria pesada, se observa que antes de la implementación del plan mencionado, la disponibilidad mecánica alcanzaba un promedio del 93,5%. Sin embargo, tras la ejecución del plan en cuestión, se ha logrado un notable aumento en la disponibilidad mecánica, que ahora se sitúa en un impresionante promedio del 98%. De igual manera, se estableció que hay una diferencia notable y significativa en el nivel de eficacia observado antes y después de llevar a cabo la implementación del Plan de Mantenimiento preventivo, cuyo objetivo es aumentar la disponibilidad de la flota vehicular y la maquinaria pesada perteneciente a la municipalidad distrital de Ite. Esto se debe a que el resultado de la producción, antes de la ejecución de dicho plan de mantenimiento, se situaba en 0,935, mientras que después de poner en práctica el plan, este valor se incrementó a 0,97. En lo que se refiere a la eficacia observada antes de la implementación del plan de mantenimiento, se

registró una producción que alcanzó el notable porcentaje del 93,5%. Sin embargo, tras la puesta en marcha del mencionado plan, la producción mostró una mejora significativa, elevándose hasta un 97,0%. En lo que se refiere a la productividad, antes de la implementación del plan de mantenimiento mencionado, se registró un nivel del 86,9 %. Sin embargo, tras llevar a cabo dicho plan, la productividad experimentó un notable aumento, alcanzando un porcentaje del 94,1 %. El análisis llevado a cabo en el estudio reveló que la puesta en práctica de la propuesta correspondiente al Plan de Mantenimiento Preventivo tiene un impacto significativo en el grado de disponibilidad de la flota de vehículos y de la maquinaria pesada que pertenece a la municipalidad distrital de Ite. (Mamani Yapurasi, 2024)

En Ica, Del Posso Erribare, (2024), en su trabajo de investigación denominado “Propuesta de implementación de un sistema de gestión de mantenimiento para aumentar la disponibilidad mecánica de los equipos de maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital de Tantarà en el departamento de Huancavelica”, En la municipalidad Provincial de Tantarà, que se encuentra en el departamento de Huancavelica, se dispone de maquinaria pesada que se utiliza no solo para llevar a cabo tareas de construcción, sino también para el mantenimiento y conservación de alamedas. Sin embargo, este equipo presenta problemas con una frecuencia bastante alta, lo que causa retrasos en las tareas que ya se habían planificado previamente. En el marco de la situación actual, la investigación que se está llevando a cabo sugiere la puesta en marcha de un enfoque específico para la gestión de la conservación. Esto se llevaría a cabo a través de un proyecto destinado al mantenimiento temporal, con el objetivo

de optimizar la disponibilidad mecánica de los equipos pesados que son propiedad de la Municipalidad Distrital de Tantará. La metodología que se ha empleado en la indagación es de carácter aplicado, lo que implica que se centra en la aplicación práctica de los conocimientos. Además, el nivel de indagación que se ha adoptado es de tipo descriptivo, lo que significa que busca detallar y caracterizar fenómenos específicos. Por otro lado, el diseño del prototipo es de naturaleza longitudinal, ya que esta característica permite la recolección de datos de manera continua a lo largo del proceso de investigación, lo que es fundamental para obtener resultados más precisos y significativos. En el transcurso de esta exhaustiva investigación, se arribó a la conclusión de que la implementación de un plan de mantenimiento provisional dirigido al equipo pesado de la Municipalidad de Tantará no solo optimiza la disponibilidad operativa de dicho equipo, sino que también genera un impacto positivo en la situación económica de la Municipalidad, aportando así un significativo beneficio financiero. (Del Posso Erribare, 2024)

En Huancayo, Aranibar Ccahuana, (2024), en su trabajo de investigación denominado “Elaboración del plan de mantenimiento basado en el mantenimiento productivo total para la maquinaria pesada (cargador frontal y tractor sobre oruga) de la Municipalidad de Haqira – Cotabambas – Apurímac”, La planificación del mantenimiento ha llegado a ser un elemento esencial y crucial para extender la duración y funcionalidad de los activos dentro de una organización, además de contribuir a la generación de beneficios económicos más elevados. Por esta razón, en los últimos años se han desarrollado y sugerido diversas técnicas de mantenimiento adaptadas a las necesidades

específicas de cada empresa. Un ejemplo notable de esto es el mantenimiento preventivo, que se centra en el objetivo de prevenir fallas críticas, intolerables y significativas que puedan afectar el desempeño de una máquina o instalación. Esto hace que el mantenimiento preventivo se establezca como un requisito vital para lograr que los activos sean más duraderos y asegurar que estén disponibles en todo momento para su uso. La ausencia total de un plan de mantenimiento, que es crucial para el buen funcionamiento de los activos, no solo conlleva una disminución en la duración y eficiencia de dichos productos, sino que también tiene un impacto negativo en la habilidad de la organización para ofrecer servicios de calidad. Cuando el equipamiento no está disponible en la medida necesaria, se dificulta el cumplimiento efectivo de los servicios para los cuales fue contratado, lo que, a su vez, puede provocar una percepción negativa por parte de los clientes y afectar la reputación de la institución. Asimismo, este fenómeno implica un gasto que no es inmediatamente evidente, lo que se traduce en una considerable cantidad de recursos financieros que se ven afectados. Las reparaciones inesperadas, así como los períodos de inactividad que no fueron previstos, generan consecuencias que resultan en una significativa pérdida económica. Debido a esta circunstancia, el presente trabajo de suficiencia profesional tiene como objetivo el establecimiento de una metodología detallada que permitirá la creación de un plan de mantenimiento tanto autónomo como preventivo para dos tipos específicos de equipos de maquinaria pesada que son utilizados por la municipalidad de Haqira. El proceso en cuestión comienza con una evaluación detallada de los diversos elementos y sistemas que forman parte de la maquinaria en su totalidad. A continuación, se lleva a cabo un análisis de

causa raíz, con el propósito de detectar y comprender las razones subyacentes detrás de los fallos que han ocurrido. Finalmente, se culmina este procedimiento con una exhaustiva revisión de la literatura, en la que se consultan los manuales proporcionados por cada uno de los fabricantes de la maquinaria. A partir de la información que se ha recolectado detenidamente, se procedió a elaborar un plan exhaustivo destinado a garantizar la correcta implementación de las estrategias propuestas. Para lograr esto, fue indispensable diseñar formatos específicos para el registro de datos, los cuales facilitarían el monitoreo continuo de la realización de los planes establecidos. Además, se establecieron indicadores que se medirán trimestralmente, los cuales son cruciales para evaluar de manera cuantitativa el impacto que la implementación tiene en el contexto correspondiente. Finalmente, se elaboró un detallado plan de mantenimiento preventivo que se llevará a cabo cada 250 o 300 horas, en función del tipo de activo específico, junto con un plan de mantenimiento autónomo que se deberá realizar antes de iniciar la operación. Este último plan tendrá una duración estimada de entre 10 y 15 minutos. Ambos planes se centraron específicamente en una serie de actividades cruciales que incluyen la verificación, el reemplazo de componentes, la realización de inspecciones exhaustivas, la aplicación de lubricantes y la limpieza de equipos. Además, cada uno de estos planes incorporó un formato de registro designado, junto con los correspondientes indicadores de mantenimiento, tales como el tiempo medio entre fallos (MTTB), el tiempo medio entre fallas (MTBF) y la disponibilidad. Estos indicadores están programados para ser evaluados de manera trimestral, asegurando así un seguimiento adecuado del rendimiento del mantenimiento durante el año. (Aranibar Ccahuana, 2024)

2.1.3. A nivel local

En Lambayeque, Flores Morillas, (2024), en el trabajo de investigación denominado “Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de la maquinaria de la empresa Agrícola Alaya S. A. C. Lambayeque 2024”, Este estudio ha llegado a la conclusión de que la empresa que fue objeto de este análisis exhibe una notable falta de disponibilidad de su maquinaria, alcanzando aproximadamente un 75,70 %. Esta situación se debe a la carencia de un mantenimiento que sea tanto adecuado como sistemático, lo cual es crucial para el correcto funcionamiento y la eficiencia de los equipos. Tras la implementación de un plan integral y metódico de mantenimiento preventivo, la disponibilidad mecánica de la maquinaria se incrementó notablemente, alcanzando aproximadamente un 84,35%. Asimismo, el porcentaje de atención dedicada a tareas preventivas también mostró un crecimiento significativo, alcanzando un 26%. Esto pone de manifiesto que las acciones de mantenimiento estructuradas y bien planificadas contribuyen de manera efectiva a mejorar la disponibilidad operacional de los equipos en la región de Lambayeque. (Flores Morillas, 2024)

Em Chiclayo, Montalvan Damian, (2022), en el trabajo de investigación denominado “Plan de mantenimiento preventivo para aumentar disponibilidad de maquinaria en una empresa agrícola en la región Lambayeque”, El objetivo principal del estudio que se realiza en el presente documento fue desarrollar un plan sistemático de mantenimiento preventivo, cuyo propósito es aumentar la disponibilidad operativa de la maquinaria utilizada en una empresa agrícola

ubicada en la región de Lambayeque. Con el objetivo de llevar a cabo este proceso, se definieron los valores iniciales de la disponibilidad operativa, luego se llevó a cabo una exhaustiva aplicación del método conocido como Análisis de Modo y Efecto de Fallas (AMEF) con el fin de identificar los sistemas que son considerados críticos. Asimismo, se establecieron las actividades específicas que son propias del área de mantenimiento. Más adelante, se calcularon de manera teórica los nuevos indicadores de disponibilidad, lo cual permitió, al final del proceso, elaborar un presupuesto detallado que reflejara todas estas consideraciones. La metodología que se utilizó para llevar a cabo este desarrollo consistió en una investigación de tipo aplicada, que se caracterizó por un diseño que no se basa en experimentos. Los resultados obtenidos de este estudio revelaron que el tiempo medio de reparación (MTTR) inicial se registró en 13.67 horas, mientras que el MTTR proyectado se estimó en 7.87 horas. En cuanto al tiempo medio entre fallos (MTBF), el valor inicial fue de 160.10, y el valor proyectado alcanzó los 165.89. Por último, en términos de disponibilidad, se observó que la cifra inicial fue del 90.59%, mientras que la cifra proyectada mejoró hasta el 95.20%. Este análisis resultó en un incremento significativo del 4.61% en la disponibilidad, lo que refleja una notable mejora en el rendimiento general. Se llegó a la conclusión de que, al desarrollar un plan de mantenimiento que esté adecuadamente diseñado y estructurado, tomando en cuenta las fallas que se han identificado, así como la implementación de un mantenimiento rutinario y las horas efectivas de trabajo realizadas, es posible mejorar significativamente los indicadores de rendimiento. Esto, a su vez, resulta en un incremento notable en los valores de disponibilidad de los equipos utilizados. (Montalvan Damian, 2022)

2.2. Desarrollo de la temática correspondiente al tema desarrollado

A. Mantenimiento

a. Concepto de mantenimiento

El mantenimiento es un conjunto de actividades técnicas y administrativas orientadas a conservar o restablecer un equipo en condiciones óptimas de funcionamiento. Según Flores (2024), el mantenimiento busca “asegurar que la maquinaria opere de forma confiable dentro de su ciclo de vida útil mediante acciones planificadas y controladas”, señalando que su adecuada gestión incrementa la disponibilidad operativa de maquinaria pesada. (Flores Morillas, 2024)

b. Tipos de mantenimiento

Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo se ejecuta después de presentarse una falla. Montalván (2022) indica que este tipo de mantenimiento “incrementa tiempos improductivos y eleva los costos operativos, especialmente en maquinaria pesada sometida a alta carga”. (Montalvan Damian, 2022)

Mantenimiento preventivo

Consiste en actividades programadas destinadas a evitar fallas antes de que ocurran. Flores (2024) sostiene que su implementación permite “aumentar la disponibilidad mecánica y disminuir paradas inesperadas en maquinaria agrícola y pesada”. (Flores Morillas, 2024)

Mantenimiento predictivo

Se basa en condición real mediante sensores y técnicas como vibración, termografía o análisis de lubricantes. Llontop (2025) destaca que “la

inspección predictiva permite anticipar fallas críticas y reducir intervenciones no programadas". (Llontop Tafur, 2025)

B. Metodología RCM (Reliability Centered Maintenance)

a. Concepto

El RCM, que se traduce como Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, es una metodología innovadora y profunda que tiene como objetivo principal identificar y evaluar cuáles son las funciones específicas que desempeña un equipo. Además, analiza los diferentes modos de falla que podrían ocurrir, así como los efectos que dichas fallas tendrían en el desempeño del equipo. A su vez, esta metodología se dedica a establecer cuáles son las tareas de mantenimiento más efectivas y apropiadas que se deben implementar para garantizar que el equipo funcione de manera óptima y confiable en todo momento. De acuerdo con las afirmaciones de Aranibar en su trabajo de 2024, el concepto conocido como RCM, que se refiere a la Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, tiene la capacidad de facilitar la identificación de aquellas fallas que son consideradas críticas. Además, este enfoque permite seleccionar de manera adecuada las tareas que resultan más efectivas, con el objetivo de asegurar tanto la confiabilidad como la disponibilidad continua de los equipos pesados utilizados en diversas aplicaciones industriales. (Aranibar Ccahuana, 2024)

b. Etapas del RCM

Las etapas principales, según López (2023), incluyen:

1. Identificación de funciones del equipo

2. Determinación de fallas funcionales
3. Identificación de modos de falla
4. Análisis de efectos y consecuencias
5. Selección de tareas de mantenimiento (preventivas, predictivas o rediseño)

López indica que la metodología “permite vincular cada modo de falla con su acción preventiva específica”, incrementando la disponibilidad. (López, 2023)

c. Herramientas usadas en RCM

Análisis AMEF / FMEA

El AMEF evalúa la Severidad (S), Ocurrencia (O) y Detección (D) para estimar un NPR o criticidad.

Montalván (2022) afirma que “el AMEF es esencial para priorizar modos de falla y asignar recursos de mantenimiento de manera eficiente”. (Montalvan Damian, 2022)

Árbol de fallas

Herramienta lógica para representar causas y consecuencias. Útil para analizar fallas catastróficas en maquinaria pesada.

C. Disponibilidad Operativa

a. Concepto

La disponibilidad es la capacidad que tiene un equipo para estar en operación cuando se le requiere. Según Flores (2024), “la disponibilidad es el indicador clave de desempeño en maquinaria pesada, pues refleja el impacto del mantenimiento”. (Flores Morillas, 2024)

b. Indicadores asociados

MTBF — Mean Time Between Failures

Tiempo promedio entre fallas. A mayor MTBF, mayor confiabilidad. López (2023) muestra que la implementación de RCM incrementó el MTBF en maquinaria pesada industrial. (López, 2023)

MTTR — Mean Time To Repair

Tiempo promedio de reparación. Disminuirlo es clave para elevar la disponibilidad.

Fórmula de Disponibilidad

$$Disponibilidad = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

D. Maquinaria Pesada en Entidades Públicas

a. Rol de la maquinaria en municipalidades

En municipios rurales como Kañaris, la maquinaria pesada es esencial para:

- Apertura y mantenimiento de vías
- Obras civiles
- Intervenciones ante emergencias
- Transporte y apoyo logístico

Mamani (2024) señala que “las municipalidades dependen fuertemente de su flota para garantizar servicios públicos esenciales, por lo que la disponibilidad es crítica”. (Mamani Yapurasi, 2024)

b. Problemas comunes en municipalidades

Según tesis nacionales recientes:

- Ausencia de planes preventivos estructurados (Del Posso, 2024)
- Altos niveles de mantenimiento correctivo

- Falta de repuestos y logística
- Mala planificación de horas de uso
- Escasez de personal técnico especializado (Del Posso Erribare, 2024)

E. Importancia del mantenimiento preventivo basado en RCM

La literatura muestra que la aplicación del RCM permite:

1. Reducir fallas inesperadas
2. Incrementar la vida útil de los equipos
3. Mejorar la disponibilidad mecánica
4. Reducir costos operativos
5. Optimizar recursos en municipios con presupuesto limitado

Llontop (2025) destaca que “el uso estructurado de metodologías como RCM y AMEF permite un incremento inmediato en la disponibilidad y la reducción de paradas no planificadas”. (Llontop Tafur, 2025)

CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación: Aplicada

Este diseño es aplicado, ya que la investigación tiene como propósito proponer una solución práctica al problema de baja disponibilidad de la flota de maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital de Kañaris, mediante la implementación de un plan de mantenimiento preventivo basado en la metodología RCM. La investigación busca, en términos prácticos, mejorar la operación de la maquinaria de la municipalidad.

3.1.2. Diseño de investigación: No experimental

El diseño es no experimental porque no se va a manipular de forma activa ninguna de las variables, sino que se va a observar la situación existente, identificar la problemática y proponer una intervención para resolverla (en este caso, la implementación del mantenimiento preventivo basado en RCM). El objetivo no es controlar variables, sino comprender y proponer soluciones a una situación particular.

3.2. Población y muestra

La población: La población de estudio está conformada por la totalidad de la flota de maquinaria pesada perteneciente a la Municipalidad Distrital de Kañaris, así como por los registros técnicos de operación y mantenimiento asociados a dichos equipos durante el período de análisis de la investigación

La muestra: La muestra está constituida por la totalidad de la flota de maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital de Kañaris, debido a que el

número de equipos es reducido y manejable, por lo que se emplea un muestreo censal.

3.3. Hipótesis

La aplicación de un plan de mantenimiento preventivo basado en la metodología RCM incrementa significativamente la disponibilidad de la flota de maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital de Kañaris.

3.4. Variables - Operacionalización

X: Variable independiente: Plan de mantenimiento preventivo basado en la metodología RCM.

Y: Variable dependiente: Disponibilidad de la flota de maquinaria pesada

Tabla 1: Operacionalización de variables

TIPO DE VARIABLES	VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSION	INDICES	ESCALA DE MEDICION
VARIABLE INDEPENDIENTE	Plan de mantenimiento preventivo basado en la metodología RCM	El plan de mantenimiento preventivo basado en la metodología RCM (Reliability Centered Maintenance) es un conjunto estructurado de actividades técnicas orientadas a preservar la función de los equipos, identificando modos de falla, consecuencias y tareas de mantenimiento óptimas, con el fin de asegurar la confiabilidad operativa y la disponibilidad de la maquinaria durante su ciclo de vida.	El plan de mantenimiento preventivo basado en RCM se operacionaliza mediante la aplicación sistemática de las siete preguntas del RCM, el análisis de funciones, fallas funcionales, modos de falla, efectos y consecuencias, así como la definición de tareas preventivas programadas, registradas y evaluadas en la flota de maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital de Kañaris durante el periodo de estudio.	<p>Análisis funcional de la maquinaria</p> <p>Análisis de fallas (AMFE/RCM)</p> <p>Estrategias de mantenimiento</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Identificación de funciones primarias y secundarias • Determinación de estándares de desempeño • Clasificación de equipos críticos • Identificación de fallas funcionales • Identificación de modos de falla • Definición de tareas preventivas • Selección del tipo de mantenimiento 	Razón o proporción

**VARIABLE
DEPENDIENTE**

Disponibilidad de la flota de maquinaria pesada

La disponibilidad de la flota de maquinaria pesada es el indicador que mide la capacidad de los equipos para encontrarse operativos y en condiciones de cumplir su función requerida en un periodo determinado, considerando los tiempos de operación y los tiempos de indisponibilidad por fallas o mantenimiento.

La disponibilidad de la flota se mide cuantitativamente mediante el cálculo del índice de disponibilidad operacional, utilizando los tiempos de operación real, tiempos de parada por mantenimiento correctivo y preventivo, registrados en los partes diarios de maquinaria y reportes de mantenimiento de la municipalidad.

Disponibilidad operacional

Confiabilidad de la maquinaria

Mantenibilidad

- Horas operativas reales
- Horas de parada por fallas
- Índice de disponibilidad (%)
- Tiempo medio entre fallas (MTBF)
- Frecuencia de fallas
- Número de fallas críticas
- Tiempo medio de reparación (MTTR)
- Tiempo de respuesta ante fallas
- Disponibilidad de recursos técnicos

Razón o proporción

Nota: Elaboración propia

3.5. Métodos y Técnicas de investigación

Técnicas

Análisis Documental

Un conjunto organizado de diversas actividades y tareas se lleva a cabo con la finalidad de obtener documentos que están relacionados con un tema específico. Este proceso tiene como objetivo mejorar y optimizar el estado de conocimiento que se tiene sobre dicho tema, el cual se percibe como incompleto o inadecuado en ciertos aspectos. (Sanchez, Reyes, & Mejía, 2018)

Recolección de Datos

Se trata de una herramienta destinada a la investigación, que cuenta con procedimientos que han sido estandarizados y que se implementa en una muestra seleccionada de sujetos. Esta metodología facilita la recolección de datos de manera sistemática y organizada en un entorno de campo. (Sanchez, Reyes, & Mejía, 2018)

3.6. Descripción de los instrumentos utilizados

Se utilizaron las herramientas mencionadas a continuación, las cuales guardan una relación directa y estrecha con los métodos empleados en el proceso:

Ficha de análisis documental

Se trata del documento tangible en el cual se registran de manera escrita las ideas que han sido analizadas y discutidas previamente utilizando la técnica conocida como fichaje. (Sanchez, Reyes, & Mejía, 2018). Mediante este instrumento se analizó las diversas fuentes bibliográficas relacionadas al

diseño de un Plan de mantenimiento preventivo basado en la metodología (RCM).

Ficha de recolección de datos

Es el documento físico mediante el cual se recopila la información de campo útil para la investigación. (Sanchez, Reyes, & Mejía, 2018). Mediante este instrumento se recopiló información de las fallas de la flota de maquinaria pesada de la municipalidad distrital de Kañaris.

3.7. Análisis Estadístico e interpretación de los datos

El objetivo primordial de este procedimiento es realizar un análisis detallado y minucioso de un conjunto particular de información, con la intención de extraer conclusiones relevantes y significativas acerca de los datos que han sido recopilados. Esto permite sustentar y facilitar un proceso de toma de decisiones que sea bien fundamentado y que se base en información confiable y pertinente.

En el contexto de la investigación que se está llevando a cabo actualmente, se realizó un meticuloso proceso de recopilación de datos sobre el funcionamiento de la flota de maquinaria pesada de la municipalidad distrital de Kañaris. En un momento posterior, esta información de gran valor será sometida a un riguroso proceso de análisis, en el que se emplearán diversos métodos de estadística descriptiva. El objetivo de este análisis es lograr conclusiones que sean realmente significativas y reveladoras. La estadística descriptiva es una rama fundamental de la estadística que se encarga de reunir y examinar la información disponible de tal forma que nos posibilite calcular las frecuencias de los datos recolectados. Además, esta disciplina

también se centra en determinar las medidas de tendencia central, que ofrecen un punto de referencia sobre el comportamiento general de los datos, así como las medidas de dispersión, que nos ayudan a comprender cómo varían esos datos en relación a la tendencia central observada.

Los datos que se han mencionado anteriormente fueron estructurados en diversos intervalos o rangos distintos, y luego de esta organización, fueron objeto de un análisis que se llevó a cabo a través de la utilización de la media aritmética para obtener una comprensión más clara de los mismos. Este procedimiento nos proporcionó la valiosa oportunidad de llevar a cabo una evaluación detallada de la confiabilidad de cada una de las unidades que están siendo consideradas en este análisis. La media aritmética, la cual se define en términos simples como el resultado de sumar todos los valores de un conjunto específico y luego dividir esa suma por el número total de valores involucrados, es ampliamente considerada como la medida estadística de tendencia central que tiene mayor relevancia y significación en el ámbito de la estadística. La discrepancia que se presenta entre el valor más elevado que ha sido documentado en un conjunto específico de datos y el valor más bajo que se ha observado dentro de ese mismo conjunto de datos sirve como base fundamental para llevar a cabo el cálculo del rango. Este rango, que está diseñado para organizar y presentar información, cumple además la función de proporcionar una representación cuantitativa del ancho o la amplitud de los distintos valores que se pueden encontrar en los datos que han sido sometidos a análisis.

CAPITULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1. Diagnóstico del nivel actual de disponibilidad y estado operativo de la flota de maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital de Cañaris

La Municipalidad Distrital de Cañaris actualmente cuenta con la siguiente maquinaria pesada:

Tabla 2: Maquinaria Pesada de la Municipalidad Distrital de Cañaris

ITEM	MAQUINARIA PESADA	MARCA	MODELO	SERIE	SITUACION	UBICACIÓN DEL ACTIVO	ESTADO OPERATIVO
1	TRACTOR ORUGA	CATERPILLAR	D7G	65V08541	USO	ENLACE DE LA MDK	BUENO
2	CARGADOR FRONTAL	CATERPILLAR	938G	8R501193	USO	ENLACE DE LA MDK	REGULAR

Nota: Municipalidad Distrital de Cañaris (Elaboración propia)

Del cuadro anterior es el Cargador Frontal la maquinaria pesada que requiere urgente atención y es en ella en la que se va a enfocar el presente trabajo de investigación.

El Cargador Frontal Caterpillar es utilizado para el mantenimiento de las trochas carrozables y para transportar material, a continuación, presentamos información de los últimos 05 años en cuenta a la disponibilidad de dicha maquinaria pesada:

Tabla 3: Disponibilidad del Cargador Frontal en los últimos años

	2021	2022	2023	2024	2025	Promedio
Horas Programadas	1000	1200	1150	1350	1180	1176.0
Horas de parada por fallas	220	270	300	320	265	275.0
Fallas Registradas	12	8	15	13	12	12.0
Tiempo de Operación (h)	780	930	850	1030	915	901.0
MTBF (h/falla)	65.00	116.25	56.67	79.23	76.25	78.7
MTTR (h/falla)	18.33	33.75	20.00	24.62	22.08	23.8
Disponibilidad (%)	78.0	77.5	73.9	76.3	77.5	76.7

Nota: Municipalidad Distrital de Kañaris (Elaboración propia)

De la tabla anterior obtenemos un Disponibilidad promedio de 76.7%.

4.2. Identificación de las funciones, fallas, modos de falla y sus causas en los equipos críticos mediante la metodología RCM.

A continuación, presentamos las funciones, fallas, modos de falla y sus causas en los diferentes sistemas que conforman el Cargador Frontal:

A. Sistema Motor Diésel (Equipo crítico)

Funciones

- Generar potencia mecánica suficiente para el desplazamiento y operación hidráulica.
- Operar de manera continua dentro de los parámetros de temperatura y presión.

Fallas funcionales

- Pérdida de potencia del motor.
- Motor no arranca o se apaga durante la operación.
- Sobrecalentamiento del motor.

Modos de falla

- Inyectores obstruidos o defectuosos.

- Filtro de combustible saturado.
- Fuga de aceite o refrigerante.
- Bomba de agua defectuosa.
- Radiador obstruido.

Causas de falla

- Combustible contaminado.
- Mantenimiento preventivo inadecuado.
- Uso prolongado sin limpieza del sistema de enfriamiento.
- Desgaste normal de componentes.

B. Sistema Hidráulico (Equipo crítico)

Funciones

- Proporcionar presión y caudal hidráulico para el levantamiento y volteo del cucharón.
- Permitir movimientos suaves y controlados del implemento.

Fallas funcionales

- El cucharón no levanta o lo hace lentamente.
- Movimientos erráticos o pérdida de fuerza.
- Sobrecalentamiento del aceite hidráulico.

Modos de falla

- Bomba hidráulica desgastada.
- Filtros hidráulicos obstruidos.
- Válvulas de control defectuosas.
- Fugas en mangueras o cilindros.

Causas de falla

- Aceite hidráulico contaminado.
- Exceso de horas sin cambio de filtros.
- Sellos y empaques desgastados.
- Sobrecarga operativa.

C. Sistema de Transmisión (Equipo crítico)

Funciones

- Transmitir la potencia del motor a las ruedas.
- Permitir cambios de marcha suaves y eficientes.

Fallas funcionales

- Dificultad para cambiar de marcha.
- Pérdida de tracción.
- Sobrecalentamiento de la transmisión.

Modos de falla

- Discos de embrague desgastados.
- Bajo nivel de aceite de transmisión.
- Falla en el convertidor de par.
- Válvulas de control defectuosas.

Causas de falla

- Falta de control de niveles.
- Aceite degradado.
- Operación en condiciones severas.
- Mantenimiento predictivo inexistente.

D. Sistema de Frenos (Equipo crítico – Seguridad)

Funciones

- Detener el equipo de forma segura.
- Mantener el equipo inmovilizado durante el estacionamiento.

Fallas funcionales

- Reducción de la capacidad de frenado.
- Frenos no responden.

Modos de falla

- Desgaste excesivo de discos.
- Fugas en el sistema hidráulico de frenos.
- Aire en el circuito.

Causas de falla

- Uso intensivo sin inspección.
- Falta de purgado periódico.
- Contaminación del fluido de frenos.

E. Sistema Eléctrico y de Arranque

Funciones

- Permitir el arranque del motor.
- Alimentar sensores, luces e instrumentos.

Fallas funcionales

- El equipo no arranca.
- Fallos intermitentes de instrumentos.

Modos de falla

- Baterías descargadas.

- Alternador defectuoso.
- Conexiones sulfatadas.

Causas de falla

- Falta de inspección eléctrica.
- Vibraciones constantes.
- Condiciones ambientales adversas.

F. Sistema de Rodaje y Dirección

Funciones

- Permitir el desplazamiento estable y controlado del cargador.
- Garantizar maniobrabilidad segura.

Fallas funcionales

- Dificultad para girar.
- Desgaste irregular de neumáticos.

Modos de falla

- Cilindros de dirección con fugas.
- Rótulas desgastadas.
- Baja presión en neumáticos.

Causas de falla

- Falta de lubricación.
- Uso en terrenos agresivos.
- Inspecciones visuales deficientes.

A continuación, presentamos un Resumen tipo matriz RCM.

Tabla 4: Resumen tipo matriz RCM

Sistema	Función	Falla funcional	Modo de falla	Causa
Motor	Generar potencia	Pérdida de potencia	Inyectores defectuosos	Combustible contaminado
Hidráulico	Levantar cucharón	Movimiento lento	Bomba desgastada	Aceite contaminado
Transmisión	Transmitir potencia	No engrana	Bajo nivel de aceite	Falta de inspección
Frenos	Detención segura	No frena	Desgaste de discos	Uso intensivo
Eléctrico	Arranque	No arranca	Batería descargada	Falta de mantenimiento

Nota: Elaboración propia

4.3. Determinación de las tareas óptimas de mantenimiento preventivo para cada equipo crítico, basadas en el análisis de criticidad y modos de falla

A continuación, se define las tareas RCM claras, justificadas y alineadas a SAE JA1011, específicamente para el cargador frontal CAT 938G, listas para usar en la matriz RCM.

En RCM, las tareas se seleccionan según si **previenen, detectan o mitigan** las consecuencias de la falla. Se clasifican en:

- **Mantenimiento preventivo (MP)** → basado en tiempo/uso
- **Mantenimiento predictivo (PdM)** → basado en condición
- **Rediseño / acciones correctivas** → cuando MP o PdM no son suficientes

A. Sistema Motor Diésel

Tabla 5: Tareas para el Sistema Motor Diésel

Falla crítica	Modo de falla	Tipo de tarea RCM	Tarea definida	Frecuencia
Pérdida de potencia	Inyectores obstruidos	Predictivo	Análisis de calidad de combustible e inspección de inyectores	Trimestral
Sobrecalentamiento	Radiador obstruido	Preventivo	Limpieza del radiador y verificación de ventilador	Mensual
Motor no arranca	Filtros saturados	Preventivo	Cambio de filtros de aire y combustible	Según manual (250 h)

Nota: Elaboración propia

Justificación RCM: Las fallas son detectables antes de causar paro catastrófico → PdM y MP son técnicamente factibles.

B. Sistema Hidráulico

Tabla 6: Tareas para el Sistema Hidráulico

Falla crítica	Modo de falla	Tipo de tarea RCM	Tarea definida	Frecuencia
Movimiento lento	Aceite contaminado	Predictivo	Análisis de aceite hidráulico (ISO 4406)	Semestral
Pérdida de presión	Bomba desgastada	Predictivo	Medición de presión y caudal hidráulico	Trimestral
Fugas	Sellos deteriorados	Preventivo	Inspección visual de mangueras y cilindros	Semanal

Nota: Elaboración propia

Justificación RCM: El deterioro es gradual y medible → enfoque predictivo óptimo.

C. Sistema de Transmisión

Tabla 7: Tareas para el Sistema de Transmisión

Falla crítica	Modo de falla	Tipo de tarea RCM	Tarea definida	Frecuencia
Pérdida de tracción	Discos de embrague desgastados	Predictivo	Análisis de aceite de transmisión	Trimestral
Sobrecalentamiento	Bajo nivel de aceite	Preventivo	Verificación y reposición de aceite	Semanal
Cambios bruscos	Válvulas defectuosas	Preventivo	Inspección del sistema de control	Semestral

Nota: Elaboración propia

D. Sistema de Frenos (Seguridad)

Tabla 8: Tareas para el Sistema de Frenos (Seguridad)

Falla crítica	Modo de falla	Tipo de tarea RCM	Tarea definida	Frecuencia
Falla de frenado	Desgaste de discos	Preventivo	Inspección de espesor de discos	Mensual
Aire en sistema	Fugas hidráulicas	Preventivo	Purgado del sistema de frenos	Trimestral

Nota: Elaboración propia

Justificación RCM: Consecuencia de seguridad → tareas preventivas obligatorias.

E. Sistema Eléctrico y Arranque

Tabla 9: Tareas para el Sistema Eléctrico y Arranque

Falla crítica	Modo de falla	Tipo de tarea RCM	Tarea definida	Frecuencia
No arranca	Batería descargada	Preventivo	Medición de voltaje y limpieza de bornes	Mensual
Fallas intermitentes	Conexiones sulfatadas	Preventivo	Inspección y ajuste de conexiones	Trimestral

Nota: Elaboración propia

F. Sistema de Dirección y Rodaje

Tabla 10: Tareas para el Sistema de Dirección y Rodaje

Falla crítica	Modo de falla	Tipo de tarea RCM	Tarea definida	Frecuencia
Dureza de dirección	Cilindros con fuga	Preventivo	Inspección visual y pruebas de fugas	Semanal
Desgaste prematuro	Falta de lubricación	Preventivo	Lubricación de rótulas y pasadores	Cada 250 h

Nota: Elaboración propia

G. Casos donde aplica REDISEÑO (RCM puro)

RCM indica rediseño cuando:

- La falla es repetitiva
- No hay tarea MP o PdM técnicamente viable
- El impacto es alto (seguridad / costos)

Propuestas de rediseño

Tabla 11: Relación de casos donde aplica REDISEÑO

Problema recurrente	Acción de rediseño
Contaminación hidráulica frecuente	Instalar filtros de mayor eficiencia
Sobrecalentamiento del motor	Redimensionar sistema de enfriamiento
Fallas eléctricas por vibración	Reubicación y sujeción reforzada de cableado

Nota: Elaboración propia

H. Resumen para matriz RCM

Tabla 12: Resumen para matriz RCM

Sistema	Tipo de tarea dominante
Motor	Preventivo + Predictivo
Hidráulico	Predictivo
Transmisión	Preventivo + Predictivo
Frenos	Preventivo
Eléctrico	Preventivo
Dirección	Preventivo
Casos críticos	Rediseño

Nota: Elaboración propia

4.4. Elaboración del plan de mantenimiento preventivo estructurado (frecuencias, actividades, recursos y responsables) bajo la metodología RCM

Programa de Mantenimiento Anual

Cargador Frontal CAT 938G

Supuesto de operación

Horas anuales: 1 176 h/año (Horas promedio de los 05 últimos años)

Condición de trabajo: severa (municipalidad, cantera, vías no pavimentadas)

A. Mantenimiento Diario (Operador)

Tabla 13: Mantenimiento Diario

Actividad	Sistema	Tipo RCM
Verificar niveles de aceite motor	Motor	Preventivo
Verificar nivel de refrigerante	Enfriamiento	Preventivo
Inspección visual de fugas	Hidráulico	Preventivo
Revisión de luces y alarmas	Eléctrico	Preventivo
Inspección de neumáticos	Rodaje	Preventivo

Nota: Elaboración propia

B. Mantenimiento Semanal (cada 40–50 h)

Tabla 14: Mantenimiento Semanal (cada 40–50 h)

Actividad	Sistema	Tipo RCM
Inspección de mangueras hidráulicas	Hidráulico	Preventivo
Verificar nivel de aceite transmisión	Transmisión	Preventivo
Lubricación de pasadores y rótulas	Dirección / Implementos	Preventivo
Limpieza externa del radiador	Enfriamiento	Preventivo

Nota: Elaboración propia

C. Mantenimiento Mensual (cada 200–250 h)

Tabla 15: Mantenimiento Mensual (cada 200–250 h)

Actividad	Sistema	Tipo RCM
Cambio de filtro de combustible	Motor	Preventivo
Cambio de filtro de aceite motor	Motor	Preventivo
Medición de presión hidráulica	Hidráulico	Predictivo
Revisión de frenos (discos y líneas)	Frenos	Preventivo
Medición de voltaje de baterías	Eléctrico	Preventivo

Nota: Elaboración propia

D. Mantenimiento Trimestral (cada 500 h)

Tabla 16: Mantenimiento Trimestral (cada 500 h)

Actividad	Sistema	Tipo RCM
Cambio de aceite del motor	Motor	Preventivo
Análisis de aceite hidráulico	Hidráulico	Predictivo
Análisis de aceite transmisión	Transmisión	Predictivo
Inspección del sistema de enfriamiento	Enfriamiento	Preventivo
Ajuste de conexiones eléctricas	Eléctrico	Preventivo

Nota: Elaboración propia

E. Mantenimiento Semestral (cada 1 000 h)

Tabla 17: Mantenimiento Semestral (cada 1 000 h)

Actividad	Sistema	Tipo RCM
Cambio de filtros hidráulicos	Hidráulico	Preventivo
Inspección de bomba hidráulica	Hidráulico	Predictivo
Inspección de discos de freno	Frenos	Preventivo
Verificación del convertidor de par	Transmisión	Predictivo
Limpieza interna de radiador	Enfriamiento	Preventivo

Nota: Elaboración propia

F. Mantenimiento Anual (cada 1 800–2 000 h)

Tabla 18: Mantenimiento Anual (cada 1 800–2 000 h)

Actividad	Sistema	Tipo RCM
Overhaul menor del sistema hidráulico	Hidráulico	Preventivo
Revisión general de transmisión	Transmisión	Preventivo
Evaluación estructural del chasis	Estructural	Preventivo
Revisión integral del sistema eléctrico	Eléctrico	Preventivo
Actualización del historial de fallas	Gestión	RCM

Nota: Elaboración propia

G. Acciones de Rediseño (cuando aplique)

Tabla 19: Acciones de Rediseño (cuando aplique)

Actividad	Sistema	Tipo RCM
Overhaul menor del sistema hidráulico	Hidráulico	Preventivo
Revisión general de transmisión	Transmisión	Preventivo
Evaluación estructural del chasis	Estructural	Preventivo
Revisión integral del sistema eléctrico	Eléctrico	Preventivo
Actualización del historial de fallas	Gestión	RCM

Nota: Elaboración propia

H. Resumen del Programa RCM

Tabla 20: Resumen del Programa RCM

Tipo de mantenimiento	Porcentaje
Preventivo	65 %
Predictivo	25 %
Rediseño	10 %

Nota: Elaboración propia

4.5. Presupuesto y el impacto del plan RCM en los indicadores técnicos

4.5.1. Presupuesto del Plan RCM

Tabla 21: Presupuesto del Plan RCM – Año 1 (S/.)

Ítem	Descripción	Monto (S/.)
1	Capacitación y estandarización RCM (taller interno + formatos/OT/checklists)	1 500
2	Sistema de registros / CMMS básico (archivadores, impresiones, codificación de OT, control de repuestos)	800
3	Herramientas y equipos de mantenimiento (pistola de engrase, torquímetro, multímetro, manómetro/kit básico hidráulico)	3 800
4	Servicios predictivos (PdM): análisis de aceites (motor, hidráulico, transmisión) + análisis combustible (según programa trimestral/semestral)	6 200
5	Consumibles y lubricantes (aceites, grasas, refrigerante; reposiciones programadas)	17 800
6	Filtros y consumibles (aceite motor, combustible, aire, filtros hidráulicos, respiraderos, etc.)	12 400
7	Mano de obra programada adicional (si se requiere: 2 técnicos + supervisor en ventanas mensuales de mantenimiento)	7 200
8	Acciones de rediseño menor (RCM) (mejora de filtración, sujeción de cableado, mangueras críticas, ajustes de enfriamiento menor)	8 400
	SUBTOTAL	58 100
	Contingencia 10% (imprevistos logísticos/repuestos)	5 810
	TOTAL ANUAL (Año 1)	S/. 63 910

Nota: Elaboración Propia

4.5.2. El impacto del plan RCM en los indicadores técnicos

- Horas programadas anuales: **1 175 h**
- Enfoque RCM: preventivo + predictivo + rediseño

A. Indicadores de Confiabilidad y Mantenimiento

Tabla 22: Indicadores de Confiabilidad y Mantenimiento

Indicador	Antes del RCM	Después del RCM	Variación
Horas de operación efectiva (h)	901	1014	+12.5 %
Número de fallas	12	6	-50 %
MTBF (h)	78.7	177.00	+125 %
MTTR (h)	23.80	14.28	-40 %

Nota: Elaboración propia

B. Indicadores de Disponibilidad

Tabla 23: Indicadores de Disponibilidad

Indicador	Antes del RCM	Después del RCM
Horas fuera de servicio (h)	275	100
Disponibilidad (%)	76.7 %	92.5 %

Nota: Elaboración propia

C. Indicadores de Gestión del Mantenimiento

Tabla 24: Indicadores de Mantenimiento

Indicador	Antes del RCM	Después del RCM
Mantenimiento correctivo (%)	65 %	30 %
Mantenimiento preventivo (%)	25 %	45 %
Mantenimiento predictivo (%)	10 %	25 %
Cumplimiento del plan (%)	60 %	95 %

Nota: Elaboración propia

D. Indicadores Económicos

Tabla 25: Indicadores Económicos

Indicador	Antes del RCM	Después del RCM	Mejora
Costo anual por fallas (S/.)	165 000	60 000	-63.3 %
Horas improductivas (h)	275	100	-63.3 %
Costo por hora improductiva (S/.)	600	600	—

Nota: Elaboración propia

E. Impacto Operativo Global

Tabla 26: Impacto Operativo Global

Aspecto	Antes del RCM	Después del RCM
Frecuencia de fallas	Alta	Media-Baja
Confiabilidad operativa	Baja	Alta
Seguridad	Riesgo moderado	Riesgo controlado
Continuidad del servicio	Intermitente	Estable

Nota: Elaboración propia

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Las conclusiones de la presente investigación son:

- La maquinaria pesada de la Municipalidad de Kañaris, está conformada por el Tractor Oruga cuyo estado operativo es bueno y el Cargador Frontal cuyo estado operativo es regular, teniendo una disponibilidad promedio en los últimos 05 años de 76.7%.
- Los principales sistemas del Cargador Frontal son: Motor, Hidráulico, Transmisión, Frenos y Eléctrico. En el caso del motor la principal falla es pérdida de potencia originada por combustible contaminado. En el caso del Sistema Hidráulico la principal falla es el movimiento lento originado por aceite contaminado. En el sistema de transmisión, la falla funcional es que no engrana originada por la falta de inspección. En el sistema de frenos la falla es que no frena producida por el uso intensivo. En el sistema eléctrico la falla es el motor no arranca originado por la falta de mantenimiento.
- Las tareas dominantes en los sistemas son: motor es preventivo más predictivo, en el sistema hidráulico es predictivo, en el sistema de transmisión es preventivo más predictivo, en el sistema de frenos es preventivo, en el sistema eléctrico es preventivo, en el sistema dirección es preventivo.
- El Plan de Mantenimiento anual se ha estructurado en mantenimiento diario, semanal, mensual, trimestral, semestral y anual. De los cuales el 65% es preventivo, el 25% predictivo, el 10% es rediseño.
- El presupuesto para implementar el Plan RCM al año es de S/. 63 910, y el

impacto del plan RCM se da en indicadores de confiabilidad y mantenimiento, donde se logra una reducción de fallas en un 50%. En cuanto a los indicadores de Disponibilidad, se logra reducir a 92.5%. En relación a los indicadores de Gestión de Mantenimiento con el RCM se logra un cumplimiento del 95%. En relación a los indicadores económicos se logra una reducción de costos anual por fallas en un 63.3%

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda evaluar la implementación de una Sistema de Gestión de Mantenimiento en la Municipalidad Distrital de Kañaris.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aranibar Ccahuana, N. R. (2024). Elaboración del plan de mantenimiento basado en el mantenimiento productivo total para la maquinaria pesada (cargador frontal y tractor sobre oruga) de la Municipalidad de Haqira – Cotabambas - Apurímac. Huancayo: Universidad Continental. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12394/16965>
- Chávez Merino, J. L. (2022). Desarrollo del plan de mantenimiento preventivo basado en RCM para maquinaria pesada. Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Del Posso Erribare, V. A. (2024). Propuesta de implementación de un sistema de gestión de mantenimiento para aumentar la disponibilidad mecánica de los equipos de maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital de Tantará en el departamento de Huancavelica. Ica: Universidad Nacional San Luis Gonzaga. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.13028/6645>
- Flores Morillas, E. M. (2024). Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de la maquinaria de la empresa Agrícola Alaya S. A. C. Lambayeque 2024. Lambayeque: Universidad Privada del Norte. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11537/38308>
- Gutierrez Carranza, E. W. (2021). Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad mecánica de la maquinaria pesada en una municipalidad. Lima: Universidad Privada del Norte. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11537/27099>
- Huaman Parra, R. E. (2023). Implementación de un plan de mantenimiento de las maquinarias pesadas para incrementar la disponibilidad, en la municipalidad de Acobamba - Tarma. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12894/10204>
- Llontop Tafur, R. (2025). Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para disminuir costos no previstos en molinerías Grupo RAM SAC. Chiclayo: Universidad Santo Toribio de Mogrovejo.
- López, J. (2023). Aplicación de RCM en sistemas mecánicos industriales.
- Mamani Yapurasi, E. Y. (2024). Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad de la flota vehicular y maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital de Ite. Tacna: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Obtenido de <https://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/20.500.12510/4593>
- Medina Barrera, E. S. (2023). Plan de mantenimiento preventivo para maquinaria municipal. Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.

- Montalvan Damian, W. J. (2022). Plan de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de maquinaria en la región Lambayeque (2022). Chiclayo: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/141213>
- Sanchez, H., Reyes, C., & Mejía, K. (2018). Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística:. Lima: Universidad Ricardo Palma. Obtenido de <https://www.urp.edu.pe/pdf/id/13350/n/libro-manual-de-terminos-en-investigacion.pdf>
- Zubieta Anastacio, B. T. (2022). Optimización de recursos para la operación y mantenimiento de maquinaria, en la municipalidad de Independencia, 2012. Huancavelica: Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Obtenido de <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/2095>

ANEXOS

Anexo 01: Vistas Fotográficas del Cargador Frontal





Anexo 02: Ficha Técnica del Cargador Frontal

[Inicio](#) / [Datos técnicos](#) / [Cargador de ruedas](#) / [Caterpillar](#) / 938G

Maquinaria de construcción. Cargador de ruedas - Caterpillar 938G

Transmisión

Tipo de transmisión	transmisión con cambio de fuerza de velocidades
Número de marchas adelante	4
Número de marchas atrás	3
Velocidad máxima hacia adelante	35.9 km/h
Velocidad máxima marcha atrás	21.9 km/h

Sistema hidráulico

Tiempo de elevación	6 seg.
Tiempo de descarga	1.4 seg.
Tiempo de bajada	2.8 seg.

Pala

Fuerza de arranque	24770 libra.
Despeje sobre el suelo de descargas a máxima elevación	2720 mm
Ancho de la pala	2705 mm
Capacidad de pala colmada	2.4 m3

Motor

Fabricante	Caterpillar
Modelo	3126DITA

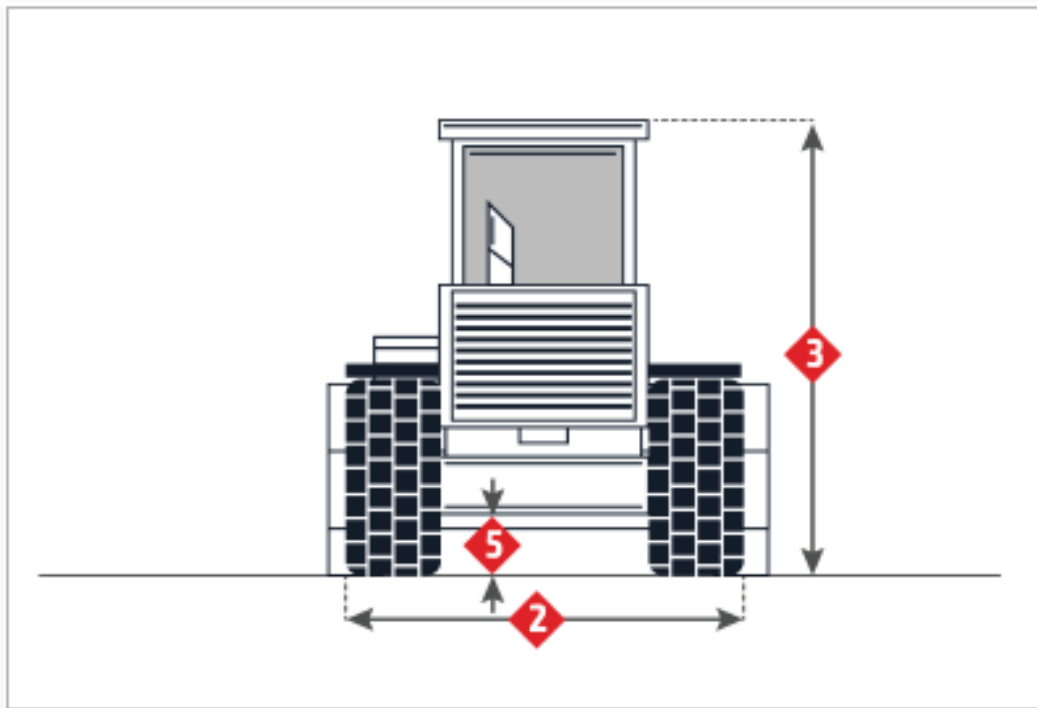
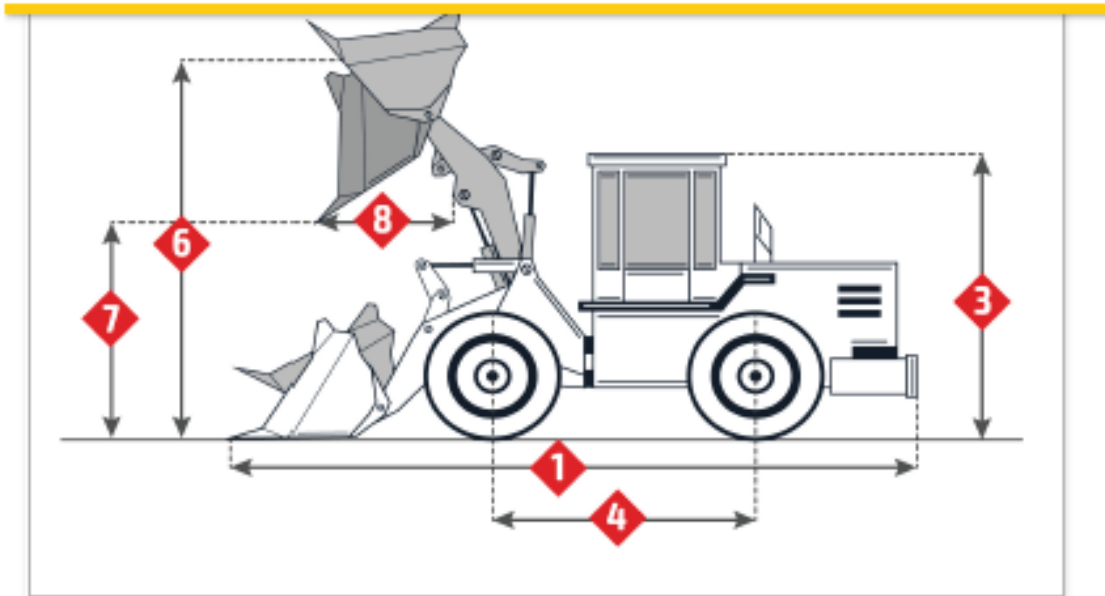
Cilindrada	7.2 L
-------------------	--------------

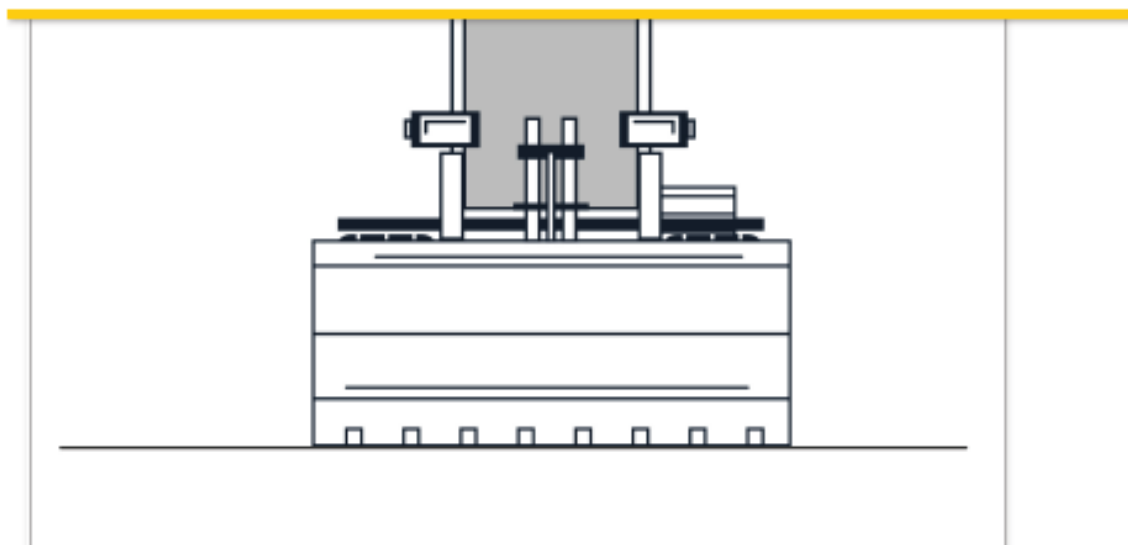
Explotación

Peso útil	13181 kg
Volumen de combustible	254 L
Volumen del fluido del sistema hidráulico	90 L
Peso límite de equilibrio estático	10517 kg

Dimensiones

Anchura entre neumáticos	2600 mm
Altura hasta la parte superior de la cabina	3309 mm
Despeje sobre el suelo	400 mm
Alcance a máxima elevación y descarga	1055 mm
Longitud con la pala a nivel del suelo	7325 mm





Imágenes

Pala

7. Despeje sobre el suelo de descargas a máxima elevación

2720 mm

Dimensiones

1. Longitud con la pala a nivel del suelo

7325 mm

2. Anchura entre neumáticos

2600 mm

3. Altura hasta la parte superior de la cabina

3309 mm

5. Despeje sobre el suelo

400 mm

8. Alcance a máxima elevación y descarga

1055 mm

Anexo 03: Documentos de Mantenimiento correctivo que se realiza al cargador frontal

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE CAÑARIS –FERREÑAFE LAMBAYEQUE



156

SECCION DE EQUIPO MECANICO *Cargo*

"Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"

INFORME N° 027-2024-MDK/JCR/JM

PARA : Ing. LUIS EVER URIARTE RAMIREZ
Gerente de Infraestructura Urbana Y Rural-GIDUR, de la M.D.C.

DE : Ing. JESUS MIGUEL CALDERON RINZA
Responsable de la Oficina de Mantenimiento de Infraestructura y Equipo

ASUNTO : CONFORMIDAD DE CUARTO ENTREGABLE POR SERVICIO MECANICO PARA MANTENIMIENTO Y/O REPARACION DEL CARGADOR FRONTAL 938G.

CARTA : 007-2024/ENTREGABLE 04

FECHA : Cañaris, 26 de marzo del 2024

Es grato de dirigirme a usted, para saludarlo muy cordialmente y al mismo tiempo como responsable *De La Oficina De Mantenimiento De Infraestructura Y Equipo*. Para informarle que en atención al documento presentado por la empresa **COMPANY TECHNOLOGY Y SERVICES BREDAY EIRL**. A nombre de La Señora: CAMILA MARGARITA SANTACRUZ FERNÁNDEZ. Con el número de RUC: 20604953317. Solicita el pago por el orden de servicio N°00047-2024, por el monto de **S/16,400.00 (DIECISEIS MIL CUATROCIENTOS Y 00/100 SOLES)**. Por el cual, se emite el presente informe dando la **CONFORMIDAD**. Del servicio mecánico, de la actividad realizada, **REPARACION GENERAL DEL MOTOR, CAMBIO Y MANTENIMIENTO DE TODOS LOS REPUESTOS NECESARIOS PARA LOGRAR EL OBJETIVO**, del cuarto entregable por servicio mecánico de mantenimiento y reparación del cargador frontal, así quede operativo en su normal funcionamiento para seguir con las actividades programadas, solicito dar trámite respectivo a las áreas correspondientes.

SE ADJUNTA:

- FACTURA ELECTRONICA E001-62
- ORDEN DE SERVICIO N° 00047-2024
- CONTRATO N° 0010-2024-MDK/GM
- INFORME N° 059-2024-MDK/PP
- MEMORANDUM N° 0137-2024-MDK/GM

FECHA:	RECIA
FECHA:	26-03-24
HORA:	5:00
EXP. SISGEDO:	318-24

Cargo

 2

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE CAÑARIS - FERREÑAFE LAMBAYEQUE

SECCION DE EQUIPO MECANICO

"Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"

INFORME N° 018-2024-MDK/JCR/JM

PARA : Ing. LUIS EVER URIARTE RAMIREZ
Gerente de Infraestructura Urbana Y Rural-GIDUR, de la M.D.C.

DE : Ing. JESUS MIGUEL CALDERON RINZA
Responsable de la Oficina de Mantenimiento de Infraestructura y Equipo

ASUNTO : CONFORMIDAD DE SEGUNDO Y TERCER ENTREGABLE POR SERVICIO MECANICO PARA MANTENIMIENTO Y/O REPARACION DEL CARGADOR FRONTAL 938G.

CARTA : 002-2024/ENTREGABLE 02 Y 03

FECHA : Cañaris, 22 de febrero del 2024

Es grato de dirigirme a usted, para saludarlo muy cordialmente y al mismo tiempo como responsable *De La Oficina De Mantenimiento De Infraestructura Y Equipo. Para infórmale que en atención al documento presentado por la empresa COMPANY TECHNOLOGY Y SERVICES BREDAY EIRL. A nombre de La Señora: CAMILA MARGARITA SANTACRUZ FERNÁNDEZ. Con el número de RUC: 20604953317. Solicita el pago por el orden de servicio N°00047-2024, por el monto de S/.16,400.00 (DIECISEIS MIL CUATROCIENTOS Y 00/100 SOLES). Por el cual, se emite el presente informe dando la CONFORMIDAD. De avance del servicio mecánico, de la actividad realizada, REPARACION DEL PUENTE DELANTERO, REPARACION DEL PUENTE POSTERIOR, del segundo, tercer entregable por servicio mecánico de mantenimiento y reparación del cargador frontal, así quede operativo en su normal funcionamiento para seguir con las actividades programadas, solicito dar trámite respectivo a las áreas correspondientes.*

SE ADJUNTA:

- FACTURA ELECTRONICA E001-60
- ORDEN DE COMPRA N° 00047-2024



Es todo en cuanto debo informarle a usted, para su conocimiento y atención a seguir.

Atentamente



MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE CAÑARIS - FERREÑAFE LAMBAYEQUE



SECCION DE EQUIPO MECANICO *cargo*

060

"Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"

INFORME N° 082-2024-MDK/JCR/JM

PARA : Ing. LUIS EVER URIARTE RAMIREZ
Gerente de Infraestructura Urbana Y Rural-GIDUR, de la M.D.C.

DE : Ing. JESUS MIGUEL CALDERON RINZA
Responsable de la Oficina de Mantenimiento de Infraestructura y Equipo

ASUNTO : CONFORMIDAD DE PRIMER ENTREGABLE POR SERVICIO DE OPERADOR DE CARGADOR FRONTAL 938G.

CARTA : N° 004-2024-JMB/OCF

FECHA : Cañaris, 09 de julio del 2024



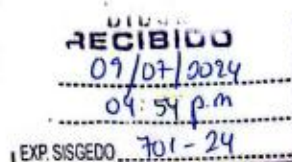
Es grato de dirigirme a usted, para saludarlo muy cordialmente y al mismo tiempo como, responsable *De La Oficina De Mantenimiento De Infraestructura Y Equipo*. Para infórmale que en atención al documento de la referencia presentada por el señor Jhony Mendoza Bernilla, con el número de RUC: 10466600097, solicita el pago del primer entregable, por el orden de servicio N° 00203-2024, por el monto de **S/2,500.00 (DOS MIL QUINIENTOS Y 00/100 SOLES)**. Por el cual, se emite el presente informe dando la CONFORMIDAD. Por servicio como operador de cargador frontal 938G, propiedad de la municipalidad de cañaris, solicito dar trámite respectivo a las áreas correspondientes.

SE ADJUNTA:

- FACTURA ELECTRONICA. E001-37
- ORDEN DE SERVICIO N° 00203-2024
- INFORME N° 469-2024-MDK/PP
- MEMORANDUM N° 0958-2024-MDK/GM
- INFORME N° 0550-2024-MDK/LOG
- INFORME N° 526-2024-MDC/GIDUR/U.R.L.E.
- REQUERIMIENTO N° 046-2024-MDK/JCR/JM

Es todo en cuanto debo informarle a usted, para su conocimiento y atención a seguir.

Atentamente.



MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE CAÑARIS – FERREÑAFE LAMBAYEQUE
SECCION DE EQUIPO MECANICO



Cargo

"Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"

REQUERIMIENTO N° 074-2024-MDK/JCR/JM

PARA : Ing. LUIS EVER URIARTE RAMIREZ
Gerente de Infraestructura Urbana y Rural - GIDUR

DEL : Ing. JESUS MIGUEL CALDERON RINZA
Responsable de la Oficina de Mantenimiento de Infraestructura y Equipo.

ASUNTO : ADQUISICION DE REPUESTOS Y ACCESORIOS PARA CARGADOR FRONTAL 938G PROPIEDAD DE LA MUNICIPALIDAD DE CAÑARIS.

FECHA : Cañaris, 01 de agosto del 2024.



Es grato dirigirme a usted, para saludarlo muy cordialmente y al mismo tiempo como **responsable de la Oficina de Mantenimiento de Infraestructura y Equipo**, solicito la adquisición de repuestos y accesorios para cargador frontal CAT: 938G, propiedad de la municipalidad de cañaris, con la finalidad de realizar el funcionamiento optimo con el cambio de repuestos y accesorios.

Asimismo, la maquinaria debe estar operativa para afrontar y dar respuestas inmediatas ante posibles fenómenos, ya que estamos en los tiempos de lluvia en la zona altoandina de cañaris. En ese contexto, con la experiencia ya vivida el año pasado en casos de desastres y emergencias debemos estar preparados para contrarrestar situaciones similares. Por ello, se solicita la adquisición de repuestos y accesorios del cargador frontal, que es de vital importancia para atender las necesidades de la población, dar trámite respectivo a las áreas correspondientes.

se anexan el termino de referencia – TDR y ANEXOS.

Es todo en cuento debo informarle a Ud, para su conocimiento y atención a seguir.

ATENTAMENTE,



MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE CAÑARIS
Ing. Jesús M. Calderón Rinza
CIP: 265159
RESPONSABLE DE LA OFICINA DE MANTENIMIENTO DE INFRAESTRUCTURA Y EQUIPO

RECIBI...
02-08-24
17:00
EXP. SISGEDO...
[Firma]

Anexo 04: Ficha de Recolección de datos

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

1. Datos Generales del Equipo

Ítem	Información
Institución	Municipalidad Distrital de Kañaris
Área	Subgerencia de Maquinaria y Equipo
Tipo de maquinaria	Cargador frontal
Marca	Caterpillar
Modelo	CAT 938G
Código del equipo	CF-01
Año de fabricación	2012
Horómetro inicial	13 250 h
Responsable de operación	Operador: Juan Pérez Díaz
Fecha de registro	15/01/2025

2. Registro de Horas de Operación

Fecha	Horómetro Inicial	Horómetro Final	Horas Trabajadas	Observaciones
02/01/2025	13250	13258	8	Trabajo de mantenimiento de carretera
05/01/2025	13258	13266	8	Carga de material
08/01/2025	13266	13273	7	Movimiento de tierra
12/01/2025	13273	13281	8	Transporte de material
15/01/2025	13281	13287	6	Operación parcial

3. Registro de Fallas de Maquinaria

Nº	Fecha de falla	Equipo	Tipo de falla	Sistema afectado	Descripción de la falla	Tiempo fuera de servicio (horas)
1	10/01/2025	Cargador frontal	Mecánica	Sistema hidráulico	Fuga en manguera hidráulica	6
2	22/01/2025	Cargador frontal	Mecánica	Motor	Sobrecalentamiento del motor	8
3	05/02/2025	Cargador frontal	Eléctrica	Sistema eléctrico	Fallo en alternador	4
4	17/02/2025	Cargador frontal	Mecánica	Transmisión	Desgaste de embrague	10

4. Registro de Mantenimiento Correctivo

Nº	Fecha	Equipo	Descripción del mantenimiento	Repuestos utilizados	Tiempo de reparación (horas)	Responsable
1	10/01/2025	Cargador frontal	Cambio de manguera hidráulica	Manguera hidráulica	6	Técnico mecánico
2	22/01/2025	Cargador frontal	Limpieza del radiador y cambio de refrigerante	Refrigerante	8	Técnico mecánico
3	05/02/2025	Cargador frontal	Reemplazo de alternador	Alternador	4	Electricista
4	17/02/2025	Cargador frontal	Ajuste y cambio de embrague	Kit de embrague	10	Técnico mecánico

5. Registro de Mantenimiento Preventivo

Nº	Fecha	Equipo	Actividad de mantenimiento	Frecuencia	Responsable	Observaciones
1	01/01/2025	Cargador frontal	Cambio de aceite del motor	Cada 250 h	Técnico mecánico	Sin novedades

Nº	Fecha	Equipo	Actividad de mantenimiento	Frecuencia	Responsable	Observaciones
2	01/01/2025	Cargador frontal	Engrase general de articulaciones	Semanal	Operador	Equipo operativo
3	15/01/2025	Cargador frontal	Limpieza del filtro de aire	Mensual	Técnico mecánico	Filtro con polvo
4	20/01/2025	Cargador frontal	Revisión sistema hidráulico	Mensual	Técnico mecánico	Presión normal

6. Registro de Indicadores de Confiabilidad

Equipo	Nº de fallas	Tiempo total de operación (h)	Tiempo total de reparación (h)	MTBF	MTTR	Disponibilidad (%)
Cargador frontal CAT 938G	4	120	28	30	7	81%

7. Evaluación del Estado del Equipo

Criterio	Buena Regular Mala		
	Buena	Regular	Mala
Estado del motor	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sistema hidráulico	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sistema eléctrico	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sistema de transmisión	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Estructura del equipo	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Observaciones:

El equipo presenta desgaste moderado en el sistema hidráulico y transmisión debido al uso intensivo en trabajos de mantenimiento vial.

8. Identificación de Modos de Falla (RCM)

Sistema	Función	Modo de falla	Causa probable	Consecuencia	Acción preventiva
Motor	Generar potencia	Sobrecalentamiento	Obstrucción de radiador	Parada del equipo	Limpieza periódica
Hidráulico	Levantar carga	Fuga hidráulica	Desgaste de mangueras	Pérdida de presión	Revisión de mangueras
Eléctrico	Suministro de energía	Fallo del alternador	Desgaste interno	Descarga de batería	Inspección eléctrica
Transmisión	Transferir potencia	Desgaste de embrague	Uso intensivo	Pérdida de tracción	Ajuste y lubricación